

Estrategias públicas de investigación y desarrollo en mejoramiento de maíz. Análisis retrospectivo y expectativas futuras

Guillermo H. Eyhéabide

La importancia económica de la producción de maíz en la Argentina queda elocuentemente reflejada en los 1.800 millones de dólares de valor bruto de la producción y los 4.500 millones de dólares generados por la cadena de valor asociada al cultivo. Los aumentos de rendimiento por hectárea permitieron compensar las disminuciones del área sembrada y ubicar a la Argentina como quinto país productor y segundo exportador mundial. Hoy el promedio nacional de rendimiento por hectárea alcanzó 8 toneladas, muy por encima de las 3 toneladas de veinte años atrás. Estos incrementos de productividad han resultado de los avances en manejo del cultivo, y del desarrollo de mejores híbridos con mayor adaptación a los sistemas productivos. Los sucesivos ajustes en la tecnología de la siembra directa posibilitaron que su adopción cubra un porcentaje significativo del área sembrada, constituyendo al cultivo en elemento fundamental de los sistemas de producción sustentables. Existe en nuestro país una fuerte y competitiva industria de semillas cuya inversión en investigación y desarrollo permiten lanzar al mercado, cada año, un número importante de híbridos.

Evaluaciones hechas por el INTA indican que la tasa de progreso genético aumentó del 1,1% en la década del '80 a cerca del 3.7% en la del '90, posiblemente por el desarrollo de híbridos simples en los '90 en contraposición a los híbridos dobles y de tres líneas predominantes en los '80. Es interesante comentar que en los últimos diez años, a esos avances deben agregarse la obtención y registro de híbridos transgénicos con resistencia a insectos y a herbicidas. Diferentes estimaciones realizadas en la Argentina y en otros países de agricultura desarrollada, coinciden en que la contribución relativa del mejoramiento genético al aumento de los rendimientos en el gran cultivo sería del 50%. La semilla de mejores híbridos sirve como vehículo eficiente para transferir innovaciones genéticas que impactan sobre la sostenibilidad de los sistemas y el volumen y calidad de la producción.

La investigación y desarrollo en mejoramiento genético de maíz en el sector público estuvo y está fuertemente vinculada al accionar del INTA. En menos de cinco años transcurridos desde la publicación de los primeros trabajos referidos a la implementación del método de endocria e hibridación, ya la Argentina lo aplicaba en la que después pasó a ser la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino. No pueden soslayarse, sin embargo, los esfuerzos realizados por otras instituciones y Chacras Experimentales. Durante los años '60 y '70, en el marco de políticas nacionales de fomento agropecuario, la Institución contó con un sólido programa de mejoramiento genético cuyos logros contribuyeron al surgimiento y consolidación de la industria de híbridos de maíz. Ese impulso estatal contempló la liberación al mercado semillero de líneas endocriadas que se utilizaban como progenitoras de híbridos o como

insumo genético para el desarrollo de nuevas y mejores líneas endocriadas tanto por el sector público como el privado. En los años '80 la disminución en la inversión pública en mejoramiento y el éxodo de profesionales afectaron fuertemente la eficiencia de sus programas de mejoramiento, así como también las oportunidades de difusión de las creaciones fitogenéticas del INTA. En este contexto, el INTA replantea su política de fomento agropecuario y dirige su atención a la búsqueda y aprovechamiento de oportunidades de vinculación con sector privado para el desarrollo de tecnologías apropiables. La reglamentación de la Ley de Semillas proveyó el marco jurídico imprescindible para proteger la inversión en investigación y desarrollo y por lo tanto hacer comercialmente atractivos y viables tales actividades.

A finales de los años '80 el escenario para el cultivo de maíz no resultaba muy alentador. El área sembrada mostraba una disminución apreciable, y los rendimientos esperables, aún en la zona núcleo maicera, no alcanzaban para lograr un nivel de rentabilidad competitivo frente al cultivo de soja o el doble cultivo trigo/soja. En la campaña 89/90 se registraba un importante ataque de Mal de Río Cuarto, si bien esta virosis todavía no causaba alarma en la región pampeana húmeda. Desde el punto de vista de la calidad tradicional del grano de maíz argentino, se debatía sobre la conveniencia de mantener la calidad flint de la producción argentina o alentar la diversificación a otros tipos comerciales. Para esos años, y todavía sin un instrumento oficial para la difusión de material genético, las empresas, especialmente de pequeña o mediana escala, dejan de encontrar en el INTA un proveedor habitual de germoplasma.

La nueva política institucional, las limitaciones operativas del programa de mejoramiento, y el escaso atractivo que presentaba el mercado de semilla de maíz a inicio de los '90, requirieron crear un instrumento de vinculación tecnológica adaptado a esas circunstancias. Desde lo institucional se consideraba prioritario recuperar la capacidad y función del INTA como proveedor confiable de nuevo germoplasma, que constituyese un aporte de variabilidad para mantener las tasas de progreso genético alcanzado, contribuir al mantenimiento de la calidad del maíz flint, apreciado en los mercados de exportación y obtener material genético con características especiales que pudiera emplearse como insumo en diversos proyectos de investigación. El primer objetivo implicaba un programa de mejoramiento orientado a cubrir objetivos de mediano-largo plazo y con mayor riesgo tecnológico. En 1992 se formalizó un convenio de vinculación tecnológica (CVT) entre el INTA y un consorcio abierto de empresas de semilleras de distintas características y escala económica. Desde entonces se han generado y puesto a disposición de los socios cerca de sesenta líneas endocriadas, muchas de ellas de tipo colorado flint, y aproximadamente treinta *stocks* genéticos de diferentes orígenes y características. Las áreas de investigación en las que se utiliza el germoplasma generado por el CVT comprenden resistencia al estrés hídrico, a diversas enfermedades, de búsqueda de marcadores moleculares asociados a caracteres de interés, identificación de caracteres secundarios relacionados con la eficiencia en el uso de nutrientes y la captación de luz, estrategias de ampliación de la base genética del cultivo, e investigación y desarrollo en características bioquímicas de la calidad. Estos proyectos sirven de ámbito para la formulación, financiamiento y

ejecución de tesis de maestría y doctorado necesarios para completar la formación de recursos humanos mejor calificados. Muchas de estas actividades en curso cuentan con la participación de buen número de colegas pertenecientes a diversas Facultades de Agronomía de las Universidades de Buenos Aires, Lomas de Zamora, La Plata, Rosario, Río Cuarto, Córdoba, Tucumán, y en el exterior a las de Iowa State University y Pennsylvania State University, EEUU. En relación a varios aspectos relatados más arriba, a continuación quisiera reseñar algunas de las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años desde el INTA Pergamino, en apoyo a los trabajos de desarrollo de materiales mejorados de maíz, referidos a algunos aspectos de calidad física y composicional del grano que interesan a la industria de molienda seca y húmeda, la ampliación de la base genética del cultivo, y la identificación de caracteres secundarios.

El tipo de grano flint colorado o "Plata" es apreciado por productores avícolas, ciertos mercados de exportación, y especialmente por la industria de molienda seca. Posee granos con endosperma predominantemente duro, sin corona hendida y de pigmentación anaranjada.

Un trabajo conjunto entre el INTA y la Asociación Maíz Argentino para evaluar la calidad física y bioquímica de los híbridos de maíz disponibles en el mercado argentino detectó mayores porcentajes de aceite, menores contenidos de almidón y similar contenido proteico a través de ambientes entre híbridos de textura flint respecto de otros semidentados y dentados. Otros estudios en etapa preliminar indican que el pigmento carotenoide de mayor incidencia en los maíces colorados argentinos es la zeaxantina, mientras que en los maíces más amarillos es la luteína. Ambos compuestos carotenoides tienen comprobada acción antioxidante.

Otros trabajos llevados a cabo en la Estación de Pergamino tuvieron como objetivo determinar las bases bioquímicas de la dureza del endosperma, desarrollar y validar métodos no destructivos para su evaluación, y conocer las características y magnitud de las interacciones entre genes y ambientes a fin de diseñar mejores procedimientos de selección de híbridos para molienda seca. En cuanto a lo primero, pudo demostrarse que la dureza del grano dependía de algunas de las proteínas de reserva del grano, las zeínas-1 y las zeínas-2, y en el caso de las zeínas-2, más concretamente de la fracción llamada pico-2. Mediante un experimento de selección divergente pudo validarse la eficiencia de selección utilizando una técnica, también desarrollada en INTA Pergamino, para evaluar dureza endospermica basada en transmitancia de infrarrojo cercano (NIT). Se comprobó que las diferencias de dureza entre las poblaciones seleccionadas estaban asociadas a modificaciones en el contenido relativo de la fracción pico-2.

En ocasiones cierta inestabilidad en la expresión de la dureza endospermica puede resultar en una producción que no conforma la calidad contratada entre productores de maíz "Plata" e industriales y exportadores. Se investigó sobre los componentes genéticos, ambientales y de interacción genético-ambiental que contribuyen a la asociación entre rendimiento de grano y dureza de endosperma y se encontraron diferencias importantes en la magnitud y naturaleza de la contribución de esos componentes causales a la correlación.

Pudo concluirse que la genética y el ambiente afectan la dureza del endosperma a través de procesos diferentes. La asociación positiva y de naturaleza ambiental entre rendimiento y estimadores de dureza indica que ambos caracteres son afectados de la misma manera por modificaciones en el ambiente, y que esos cambios alterarían en el mismo sentido los contenidos relativos de una fracción de las zeínas 1.

Por el contrario, el pico-2 de la zeínas-2 mostró una asociación negativa con el rendimiento, poca variación para un mismo híbrido en distintos ambientes, y dependería fundamentalmente del genotipo. Avances en este conocimiento fueron provistos por otros trabajos posteriores. Condiciones ambientales que favorecen rendimientos por encima de determinado umbral podrían llegar a imponer situaciones de estrés por competencia a nivel del llenado de un elevado número de granos individuales que terminarían afectando la dureza del grano. Se concluyó sobre la necesidad de contemplar evaluaciones y selección de híbridos para molinería seca en situaciones de estrés que permitan establecer cuales son los niveles mínimos de dureza de cada híbrido.

La industria de molienda húmeda continúa investigando sobre fuentes naturales de almidón que posean propiedades funcionales que hagan menos necesarios recurrir a tratamientos químicos. La aptitud del almidón para diferentes aplicaciones depende de sus propiedades térmicas de gelatinización y retrogradación, las que a su vez guardan relación con factores genéticos y ambientales.

El desarrollo de híbridos especialmente destinados para molinería húmeda, incluyendo usos energéticos, requiere disponer de mayor conocimiento sobre el contenido y las propiedades físicas del almidón obtenible de diferentes orígenes genéticos, y sobre las correlaciones entre esas propiedades y otros caracteres de importancia agronómica. Aquellas propiedades del almidón están siendo estudiadas sobre un amplio rango de germoplasma argentino, desde variedades locales hasta líneas endocriadas oficiales e híbridos comerciales. Diversas investigaciones permitieron encontrar variabilidad para estas características entre y dentro de variedades no mejoradas de origen argentino, mientras que las diferencias entre cultivares comerciales se restringían a un reducido número de propiedades térmicas de gelatinización. A nivel de líneas argentinas de origen oficial se detectaron efectos ambientales significativos, así como diferencias entre líneas en la estabilidad de sus propiedades térmicas, se pudo inferir un orden jerárquico de las propiedades térmicas de gelatinización y de retrogradación y predecir las propiedades de gelatinización más importantes a partir de las de retrogradación.

Los intentos de modificación del almidón en forma natural para adaptarlo a determinados usos alentaron el desarrollo de las especialidades de maíz *waxy* (amilopectinoso) y *amilomaíz* (alta amilosa), cada uno con características estructurales y funcionales del almidón que los hace especialmente aptos para un número creciente de aplicaciones en la industria de alimentos, papelería, textil, etc. Se inició en INTA Pergamino un pequeño programa de desarrollo de materiales *waxy* y de alta amilosa, con el fin de disponer de germoplasma básico para el desarrollo posterior de cultivares de calidad diferenciada, o bien para ser empleados como insumos de otros trabajos de investigación en calidad.

En el caso de materiales de alta amilosa, los primeros resultados indican la existencia de genes modificadores en determinados fondos genéticos de materiales propios que permitirían desarrollar materiales con contenidos de amilosa / almidón cercanos al 70%

Considerado un valioso co-producto de la molinería, el aceite de maíz es apreciado por su sabor suave, elevado punto de humo, alto porcentaje de triglicéridos, alto contenido de ácidos grasos insaturados, además de tocoferoles con propiedades vitamínicas y antioxidantes. Desarrollar material genético con contenidos de aceite en el grano compatibles con la obtención de altos rendimientos industriales de *grits* en el caso de la molienda seca o de almidón en la molienda húmeda, pero con un perfil de ácidos grasos modificado, permitiría producir aceites con calidad nutricional aún mayor. Investigaciones realizadas en la Estación de Pergamino permitieron establecer el control genético del carácter, y posteriormente generar germoplasma con perfiles de ácidos grasos diferenciados. Luego de tres ciclos de selección recurrente se dispone de poblaciones con porcentajes de ácido oleico cercanos al 60%, y de líneas extraídas de estas con hasta 70%, muy por encima del promedio de 33% encontrado en materiales flint. Estudios con marcadores moleculares microsatélites revelaron cambios significativos en la estructura genética y frecuencias alélicas en algunos loci entre la población original y las seleccionadas.

La necesidad de ampliar la base genética del cultivo para reducir su vulnerabilidad lleva a introducir germoplasma exótico en los programas de mejoramiento, pero también de variedades locales disponibles en bancos de germoplasma. La elección del germoplasma a incorporar debería tener en cuenta los objetivos y la organización del material genético dentro de cada programa de mejoramiento, y de ser posible disponer de información respecto a cuál es la fuente que contribuirá con alelos favorables no disponibles en el germoplasma de uso corriente. Trabajos realizados en INTA Pergamino permitieron identificar grupos de variedades que permitirían crear dos compuestos para conformar la base genética de un patrón heterótico alternativo Flint x Flint, en tanto que otras investigaciones en curso se orientan a la comparación de métodos para la identificación de las variedades más promisorias.

En el marco de otro proyecto de investigación, se evaluó la existencia de variabilidad genética entre líneas endocriadas públicas para caracteres morfo-fisiológicos que eventualmente podrían servir como caracteres secundarios o indicadores de eficiencia en el uso del nitrógeno, con el fin de ser utilizados en programas de selección y desarrollo de híbridos con mejor respuesta a la fertilización nitrogenada, que requieran menores dosis de fertilización para un determinado rendimiento, o que produzcan rendimientos aceptables aún en ambientes limitados por nitrógeno. Aumentos en el índice de área foliar máximo e interceptación de luz a la madurez, alto coeficiente de atenuación lumínica, eficiencia en el uso de la radiación y menor senescencia postfloración surgieron como caracteres que *a priori* permitirían emplearse para mejorar la eficiencia en el uso de nitrógeno. A partir de estos resultados se están desarrollando líneas recombinantes a fin de identificar marcadores moleculares asociados, se profundizan estudios sobre herencia del carácter así como la predicción de la eficiencia en el uso de nitrógeno de los híbridos a partir de la de sus líneas progenitoras.

Como se indicó al inicio, el maíz genera un importante ingreso de divisas al país como producto de las exportaciones de grano natural o transformado en proteínas animales y derivados industriales. Poder destinar una proporción creciente del importante volumen de grano que hoy se exporta hacia su transformación en derivados de maíz constituye una oportunidad para agregar valor a la producción y contribuir a la ocupación de mano de obra, y el mejoramiento puede contribuir a esa finalidad.

La eficiencia del mejoramiento como herramienta para adecuar genéticamente las plantas a las demandas que plantea la producción, la industrialización, los mercados de exportación y los consumidores en general, requiere definir estrategias y objetivos de mejoramiento basados en un análisis lo más preciso posible de los actuales escenarios y sus probables proyecciones futuras. Sin embargo este análisis resultaría insuficiente de no tener en cuenta el escenario global del financiamiento y la asignación de recursos para investigación y desarrollo. En los '80 la crisis de la deuda externa y del Estado anticiparon a nivel local los cambios que luego signarían la década del '90 y la actual, esto es el retroceso relativo del sector público respecto del privado multinacional en el financiamiento de la investigación agrícola, especialmente la destinada a mejoramiento de los principales cultivos de regiones templadas.

Un informe del CIMMYT indica que las diez primeras empresas multinacionales que controlan el 50% del mercado global de semillas invierten anualmente 3.000 millones de dólares. Los organismos públicos internacionales que componen el CGIAR apenas el 10% de esa cifra. El sector público de China, India y Brasil invierten 500 millones cada uno. La inversión en la Argentina es aún menor. La brecha entre inversión pública y privada se profundizó a partir de las promesas de la biotecnología, especialmente de la transformación genética. Excepto en China, no existe a nivel comercial en el mundo ningún material transgénico de origen público. Todo indica que este proceso de privatización del conocimiento y la tecnología se agudizará con los avances en genómica funcional que habrán de permitir desarrollos de nuevos eventos transgénicos.

En cuanto al escenario productivo, hoy los cambios a nivel de los sistemas de producción, la agricultura de precisión, y las experiencias en intercultivos y doble cultivos, indican la necesidad de lograr una genética adaptada a ambientes de producción cada vez más específicos. Entre otros, dos fenómenos se destacan claramente en el escenario global: la crisis energética y el cambio climático. Será necesario prepararse para producir más grano con igual o menor gasto de energía, y enfrentar mayores niveles de incertidumbre ambiental, especialmente en los regímenes térmicos y en los patrones de distribución e intensidad de precipitaciones. Tanto el calentamiento global como la ineludible adaptación de los sistemas de producción modificarán, seguramente, la distribución geográfica e incidencia de plagas y enfermedades. A nivel de mercado y como resultado de los avances tecnológicos en la agroindustria alimentaria, la bioenergía y la biotecnología, se agregarán nuevas posibilidades y oportunidades de cultivo de especialidades de maíz.

Adaptar los programas de mejoramiento a los nuevos escenarios implica modificar sus estrategias. Estos cambios son parte de un proceso en el cual los programas deberán prestar creciente atención al desarrollo de cultivares


más adaptados a condiciones específicas del ambiente, y a producir granos de calidad diferenciada. En la década del '60 surge el concepto de "ideotipo" o de plantas modelo, haciendo referencia a las experiencias de selección basada en caracteres morfológicos como alternativa más eficiente a la selección por rendimiento en determinadas situaciones de ambiente que fueron exitosas en trigo y arroz. Si bien el concepto de ideotipos se extendió a la selección por otro tipo de caracteres, su aplicación para lograr mayores avances en el mejoramiento de esas y otras especies encontró limitantes tecnológicas y de conocimientos básicos. Los avances en genética molecular, biotecnología, ecofisiología, y biometría, van superando muchas de esas limitaciones. Estarían dadas las condiciones para revalorizar el enfoque de mejoramiento de ideotipos, como referencia conceptual a la necesidad de lograr un ajuste más fino entre genética, ambiente, producción y calidad. En maíz ya existen esfuerzos público-privados para caracterizar, evaluar y ampliar la base genética del cultivo y remover limitantes en este sentido. La transformación genética permite acceder a nuevos genes de resistencia a insectos y a herbicidas, y no pasará mucho tiempo en que sea habitual su aplicación para modificar características más complejas de calidad, o vías metabólicas relacionadas con la resistencia a estrés. La selección asistida por marcadores moleculares acelera la incorporación de genes de interés y reduce las probabilidades de «arrastre» de otros que no resultan deseados. Estos avances y los que seguramente surgirán desde el campo de la genómica funcional dan cuenta de la factibilidad de definir ideotipos no ya a nivel morfológico sino molecular. Los avances en el conocimiento de la fisiología de las plantas ayudarán a los mejoradores a identificar los caracteres primarios y secundarios a tener en cuenta en la selección para mejorar el comportamiento bajo condiciones especiales.

Las nuevas estrategias de los programas de mejoramiento implican, en la práctica, modificar las características de los cultivares que se harán disponibles en el futuro, los métodos para su desarrollo, y los objetivos y caracteres que tienen y deberán tener en cuenta los fitomejoradores en el proceso de evaluación y selección. Podremos esperar la coexistencia de cultivares de amplia adaptación junto a un número creciente de otros recomendables para ambientes y calidades específicas. A nivel de los métodos utilizados en el mejoramiento, se incrementará la adopción de aquellos que permitan acortar el ciclo de crianza, así como también la incorporación y combinación de nuevos eventos transgénicos. En cuanto a los caracteres que deberán ser tenidos en cuenta, sin duda que su número aumentará en la medida en que el diseño de ideotipos se haga cada vez más preciso.

El otro plano de adaptación de los programas públicos de mejoramiento es el de la construcción de sus propias capacidades y su financiamiento. El primer interrogante es en qué medida un programa público de mejoramiento de maíz en un país como el nuestro, puede preservar su competitividad, entendiendo por esta su capacidad de generar los bienes públicos que la sociedad espera. Saliendo del contexto nacional, y ampliándolo a otros cultivos, el tema fue abordado recientemente por un grupo de consulta convocado por FAO, lo cual refleja la preocupación internacional en fortalecer los programas públicos de mejoramiento en los países en desarrollo. Seguramente y en primer lugar

resultará necesario apuntalar las capacidades en las que tradicionalmente el sector público ha mostrado fortaleza, esto es la disponibilidad de recursos genéticos, el premejoramiento y el mejoramiento convencional, el desarrollo de tecnologías de producción sustentables, y lo que es un prerequisite, la formación de recursos humanos. A nivel institucional, y luego de muchos años de depender casi exclusivamente del financiamiento privado, el INTA está financiando la renovación del equipamiento y los gastos operativos de algunas actividades consideradas estratégicas en mejoramiento para lograr saltos competitivos a mediano y largo plazo. Quince años de vinculación tecnológica han permitido mantener y ampliar la capacidad del programa de mejoramiento de maíz, al punto de estar hoy en condiciones de ofrecer a los integrantes del consorcio la posibilidad de producir híbridos competitivos de pedigree oficial. Sin embargo, deben agregarse nuevas formas de asociación que permitan la transferencia de los últimos avances en biotecnología de maíz que logra el sector privado multinacional de manera de mantener la competitividad. Todo mecanismo de asociación entre diferentes organizaciones del sector público y de éste con el sector privado deberían alentarse considerando la complejidad de los desafíos que tendrá el mejoramiento en los próximos años.

Un investigador de CIMMYT, haciendo referencia a las causas que contribuyeron al éxito de la Revolución Verde, mencionó a las cuatro "I": *innovación, infraestructura, instituciones, e incentivos*. Deberán existir incentivos para que los sectores privado y público avancen cada uno en sus ámbitos respectivos y encuentren otros de iniciativa conjunta. A nivel de políticas desde el sector público, será conveniente acrecentar las capacidades de los programas y redes relacionadas al mejoramiento de maíz y de otros cultivos que son pilares de la economía nacional, en términos de maquinaria experimental, instrumental de laboratorio, y equipamiento informático. Pero resultará importante valorizar a esos programas públicos como un ámbito propicio para la formación de recursos humanos con mayor grado de especialización y capacidad de trabajo interdisciplinario, tanto a nivel de técnicos como de graduados universitarios. Ello colocaría al sistema en condiciones de progresar hacia etapas más ambiciosas en cuanto a la vinculación público-privada, superando la simple complementación entre recursos humanos e infraestructura provistos por el sector público y financiamiento del sector privado para aproximarse a una integración efectiva de equipos conjuntos de investigación y desarrollo con objetivos de mayor complejidad y horizontes a más largo plazo.



Estrategias públicas de investigación y desarrollo en mejoramiento de maíz. Análisis retrospectivo y expectativas futuras

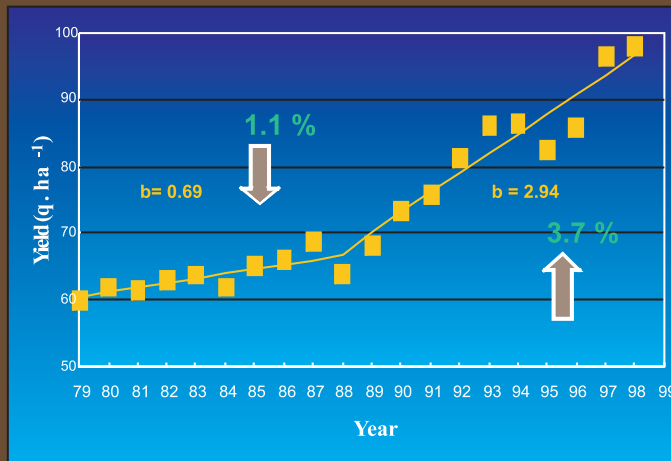
Ing. Agr Guillermo Eyhérabide, PhD

Bolsa de Cereales de Buenos Aires
6 de noviembre de 2007

Maíz en cifras

- Campaña 2006/07
 - Producción 22,5 MM ton
 - Promedio de Rendimiento Nacional:
 - 3 ton/ha —→ 8 ton/ha
 - Valor bruto de la producción: 1800 MM U\$S
 - Cadena de valor asociada: 4500 MM U\$S

Progreso Genético.



Fuente: Eyhérabide and Damilano, 2001. Maydica 46:27281



Inicios de la I+D en mejoramiento de maíz

- Descubrimiento y Explotación de la heterosis / vigor híbrido.
 - Shull (1908, 1909); Jones (1918)
- Contratación del Dr. Thomas Bregger (1920/25) en Chacra Experimental Pergamino.
- Otras instituciones: Escuela Agrícola de Casilda, Chacra Experimental Manfredi, Ch. Exp. Guatraché, Instituto Angel Gallardo, FAV -UBA, Instituto Santa Catalina -UNLP, etc.

Etapas Institucionales

- Fomento agropecuario. '60-'70
Consolidación de programas de mejoramiento genético en EEAs INTA Pergamino y Paraná
- Crisis de endeudamiento, reglamentación de la Ley de Semillas y formulación de nueva política de Vinculación Tecnológica.

Escenario de maíz. Finales '80

- Rendimientos insuficientes para asegurar rentabilidad competitiva
- Disminución del área de siembra y modificaciones en la importancia relativa de las subregiones maiceras
- Epifitía de Mal de Río Cuarto
- Debate sobre la calidad (flint vs. (!) dent)
- Mercado de semillas menos atractivo

Contexto interno

- Limitaciones operativas y éxodo de profesionales del programa de mejoramiento de Pergamino
- Falta de instrumentos legales para la transferencia de material genético público al sector privado
- Necesidad de un Convenio de Vinculación Tecnológica que aprovechara las fortalezas del programa y sumara el financiamiento privado

1992. CVT INTA Semilleros

- Recuperar la función de proveedor de germoplasma
- Contribuir al mantenimiento de la calidad comercial tradicional (tipo duro flint, color colorado)
- Generar material genético como insumo para investigaciones en calidad, ecofisiología de cultivos y biotecnología

Productos del CVT INTA Semilleros

- 1992-2007
 - 60 líneas endocriadas
 - Flint colorado, flint blanco, semident, dent
 - Resistencias a Mal de Río Cuarto, Fusariosis de la espiga, roya común, podredumbre basal.
 - Tolerancia a sequía
 - Orígenes diversos
 - 30 stocks genéticos
- 2007
 - 3 híbridos en proceso de inscripción en los registros del INASE (Troya INTA, Excalibur INTA, Don Basilio INTA)

Relacionamiento institucional a partir de los productos del CVT INTA Semilleros

- Ampliación de la base genética
 - Fac. Cs. Agrarias. UNLZ
- Ecofisiología del cultivo
 - FAUBA, UNER, UNLZ, UNMP
- Resistencia a enfermedades
 - UNR, UNC, UNT, UNRC
- Calidad intrínseca
 - UNLZ, Iowa State University, Penn State University



Cultivares Argentinos: Composición química del grano
Comparación entre híbridos típicos Flint y No Flint



	Aceite	18:1/18:2	Proteína	Almidón	Amil/Alm
	%				
N° Ambientes	8	3	8	8	3
Media Híbridos Flint ¹	5.83	67	11.65	70.62	29.16
Media No Flint	4.78	50	11.57	71.93	29.21
Flint vs. No Flint	****	****	ns	****	ns

¹Aca 2000, Syngenta Pucará, FR098, FR Don Luna, Syngenta Cóndor, SPS 4720, Syngenta NK940, Aca 930, Dow Mill 522

Dureza endospermica. Bases bioquímicas.



- Robutti et al. (1994)
 - Postulan la siguiente hipótesis
 - Ambas fracciones, las z1y las z2 (especialmente el pico-2) determinaban la dureza del grano.
 - Las z2 ubicadas en la periferia de los cuerpos zeínicos interactuarían mediante puentes disulfuro con las proteínas y el almidón del endosperma explicarían la dureza
 - Las z1 ubicadas en el interior de los cuerpos zeínicos llenarían espacios que de otra manera estarían vacíos, dando estabilidad mecánica al endosperma.

Efectos indirectos de la selección sobre fracciones de zeínas

Población seleccionada por mayor dureza endospermica aumenta contenido de β -zeínas (pico-2)



Fuente:
Eyhérbide, Robutti, Borrás.
Cereal Chem. 1996

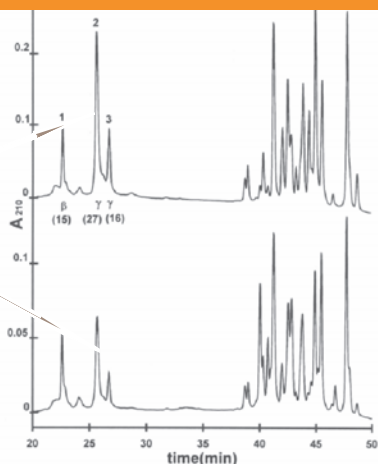


Fig. 1. Reversed-phase high-performance liquid chromatograms of alcohol-soluble proteins from a +NIT2 (bottom) and a -NIT2 (top) half-sib family.

Vol. 73, No. 6, 1996 777

Producción y dureza endospermica. Componentes de correlación genotípicas y ambientales

Amb. \ Gen.	Rendimiento	Flotación	Grueso/fino
Rendimiento	-	+0.34	-0.57
Flotación	-0.83	-	-0.91
Grueso/fino	+0.89	-0.93	-

Fuente: Eyhérbide, Robutti, Percibaldi, Presello, Alvarez. Maydica 49(2004):319-326



Asociación entre Dureza Endospermica y Fracciones de Zeínas 1 y 2

Híbrido	Dureza (G/F)	P26/z2	P46 (z1)
Titanium F1	3.2	0.45	0.06
Kaiser	3.1	0.38	0.06
Sumajsara	4.9	0.51	0.09
Quelu	4.7	0.57	0.10

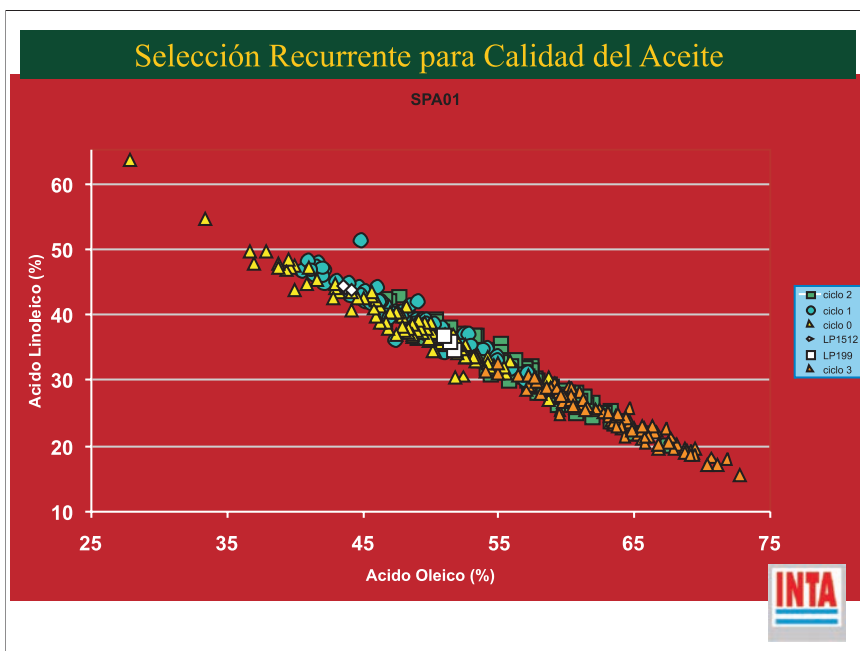
Fuente: Robutti, Borrás, Di Martino, Eyhérbide. 2005. Actas VIII CNM. Rosario, Argentina



AMILOMAIZ - Contenido de amilosa en líneas amilosa-extender con diferente fondo genético

Fondo genético	Amilosa / Almidón	
	Media	Rango
LP1044	55.5	32.6 a 66.2
LP1512	55.2	50.4 a 60.0
LP2541	47.4	34.8 a 58.0
LP579	60.0	46.3 a 71.8
LP662	48.8	30.0 a 59.4
Total muestras	55.9	30.0 a 71.8

Fuente: Eyhérbide, Percibaldi, Hourquescos y Borrás. 2005. Actas VIII CNM. Rosario, Argentina



Destinos de la producción de Maíz

The image shows a cornfield with four colored bars overlaid, representing different uses of corn production:

- Exportación de grano sin transformación** (Red bar)
- Alimentación Animal** (Blue bar)
- Alimentación Humana** (Grey bar)
- Bioetanol y otros usos industriales** (Green bar)

Adecuar genéticamente las plantas para satisfacer necesidades...

- De los productores
- De los procesadores
- De los mercados y los consumidores

Análisis del contexto

- Escenarios productivos y su efecto hacia dentro de los programas de mejoramiento



- Satisfacción de demandas
- Aprovechamiento de oportunidades

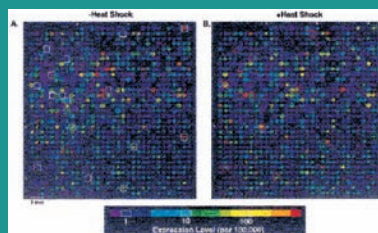
- Escenario externo de asignación de financiamiento a la I&D agropecuario, y mejoramiento genético en particular

Escenario de financiamiento. Algunas cifras de inversión anual en I+D...

- 10 primeras empresas multinacionales (mejoramiento):
 - 3.000.000.000 u\$s
- Organismos del CGIAR (CIMMYT + IRRI + CIP + ICRISAT... “público” internacional):
 - 300.000.000 u\$s
- Sector público de China, India, Brasil:
 - 500.000.000 u\$s cada uno
- Argentina...?

Escenario de financiamiento en I+D

- Especialmente a partir de la posibilidad de utilización comercial de la transformación genética:
 - Crecimiento de la inversión privada en biotecnología (maíz, soja, algodón, hortalizas)
 - Disminución de la inversión pública
 - Privatización de la investigación y apropiación creciente de los recursos por parte del sector privado.
- Profundización de la brecha (nuevas oportunidades desde la genómica funcional)



Escenarios que enfrenta la producción de maíz

- Cambios a nivel de los sistemas de cultivos
 - Mayor especificidad de los ambientes de producción
- Cambios a nivel global
 - Mayor nivel de variabilidad ambiental
 - Crisis energética
- Oportunidades / demandas de calidad diferenciada
 - Intrínseca
 - Inocuidad
 - Bioenergía

Cambio de paradigma

- Selección para amplia adaptabilidad
- Selección para calidades y ambientes específicos
 - Concepto de plantas modelo o "ideotipos", especialmente adaptadas a condiciones de producción o de destino de la producción

Cambios en los programas de mejoramiento de maíz

- En los caracteres objeto de selección:
 - Aumento en el número de caracteres considerados en las etapas de selección
- En los métodos de selección:
 - Mayor empleo de metodologías que abrevian los tiempos de desarrollo de nuevos cultivares (doble haploides, marcadores moleculares)
 - Nuevos eventos transgénicos
 - Tolerancia a factores de estrés
 - Resistencia a herbicidas
 - Calidad
 - Piramidización de transgenes
- En los productos:
 - híbridos con amplia adaptación, pero otros mejor adaptados a condiciones específicas

Adaptación al contexto de financiamiento y acceso a las innovaciones tecnológicas

- Generar conciencia, posibilitar incentivos.
 - Sector público, sector privado, público + privado
- Apuntalar las “fortalezas” de los programas públicos
 - Disponibilidad y uso de los recursos genéticos
 - Premejoramiento
 - Mejoramiento convencional
 - Desarrollo de tecnologías de producción sustentable
 - Desarrollo de recursos humanos
- Profundizar y expandir la vinculación con el resto del sector público y con el sector privado
 - Posibilitar acceso a desarrollos biotecnológicos
 - “Escalar” los emprendimientos público-privados

